

## Projekt

## Modulare Photonische Quantentechnologien (MOQUA)

Koordinator:	Dr. Kai Müller Technische Universität München Am Coulombwall 4 85748 Garching Tel.: +49 89 289 11598 E-Mail: Kai.mueller@wsi.tum.de
Projektvolumen:	ca. 4,5 Mio. € (Förderquote 100%)
Projektlaufzeit:	01.08.2018 – 31.12.2023
Projektpartner:	➔ Technische Universität München – Walter-Schottky-Institut, München

### Quantum Futur – Innovative Nachwuchswissenschaftler für Zukunftsthemen

Quantentechnologien sind Technologien, die auf der gezielten Ausnutzung von Quanteneffekten beruhen. Beispiele hierfür sind die Halbleitertechnologien, die Magnetresonanztomografie oder der Laser. Bei aktuellen Entwicklungen – der zweiten Generation der Quantentechnologien – steht der kontrollierte Quantenzustand einzelner oder gekoppelter Systeme selbst im Vordergrund. Dadurch ergeben sich Möglichkeiten für neue Anwendungen in der Informationsübertragung und -verarbeitung, höchstpräzise und -sensible Mess- und Abbildungsverfahren oder auch die Überwindung heutiger Beschränkungen bei der Simulation komplexer Systeme.

Herausfordernde Forschungsthemen wie die Quantentechnologien erfordern kluge Köpfe. Die Maßnahme „Quantum Futur“ soll exzellente Nachwuchswissenschaftler dabei unterstützen, mit Forschungsprojekten den Übergang von Erkenntnissen der Grundlagenforschung in neuartige Anwendungen voranzutreiben. Dabei erhalten sie die Möglichkeit, eine eigene, unabhängige Nachwuchsgruppe aufzubauen und neue interdisziplinäre Forschungsansätze aufzugreifen. Thematisch werden wesentliche Bereiche der Quantentechnologien zweiter Generation adressiert, insbesondere sind dies die Quantenkommunikation, die Quantensensorik und -metrologie sowie das Quantencomputing.

Neben der Durchführung innovativer Forschungsarbeiten ermöglicht die Maßnahme die Bildung von wissenschaftlichen Schwerpunkten und Zentren in der Quantentechnologie sowie eine thematische und personelle Ergänzung der bestehenden Forschungslandschaft. Deshalb unterstützt „Quantum Futur“ auch den Aufbau von Kompetenzen und die Vernetzung der Nachwuchswissenschaftler sowie die Schaffung von Synergien durch die gemeinsame Nutzung vorhandener Geräte und Anlagen.



Bild 1: Innovative Nachwuchswissenschaftler treiben die Quantentechnologien voran. (Quelle: vit\_head/Fotolia)

## Photonische Systeme – Baukasten für die Quantentechnologien

Der Einsatz von Quantentechnologien verspricht in vielen Anwendungen des Informationszeitalters große Fortschritte, da mit den Wirkprinzipien der Quantenmechanik völlig neue Funktionen bereitstehen. Beispiele dafür sind verfahrensbedingt abhörsichere Kommunikationskanäle für die Datenübertragung sowie eine vollständig neue Klasse von Computern durch das Rechnen mit sogenannten Quantenbits. Dies bedeutet eine Überwindung der klassischen Datenverarbeitung und, damit verbunden, eine extreme Beschleunigung von Berechnungen z. B. für die schnelle Suche in riesigen Datenmengen oder die bestmögliche Steuerung von Verkehrssystemen.

Eine wichtige Basistechnologie dafür ist die Photonik, d. h. die technische Nutzung von Licht. Bauteile auf Basis dieser Technologie haben sich in den letzten Jahren hin zur Grenze einzelner Lichtteilchen entwickelt und so erste Demonstrationen von Bauteilen mit Quantenfunktionalitäten ermöglicht. Um einen Übergang von Machbarkeitsstudien zu ernsthaften Anwendungen zu erlauben, sind jedoch erhebliche Verbesserungen hinsichtlich Geschwindigkeit und Genauigkeit der Bauteile notwendig. Ein wichtiger Aspekt ist die möglichst einfache Vervielfältigung und der Aufbau umfangreicherer Systeme, was sich durch eine modulare Anordnung der einzelnen Bauteile – wie aus einem Baukasten – erreichen lässt.

Das Ziel dieses Projektvorschlages ist die Erforschung solcher Bauelemente, die in Modulform anwendungsübergreifend in den Quantentechnologien Verwendung finden können. Dies betrifft insbesondere die Quantenkommunikation und die Quanteninformationsverarbeitung, aber auch die Quantensensorik.

Die erfolgreiche Durchführung dieses Projektes wird zu einer führenden Rolle des Standorts Deutschland im Bereich photonischer Quantentechnologien beitragen.

### Quantenpunkt-basierte Bauteilkonzepte

Inhalt des Forschungsprojekts ist es, einzelne kombinierbare Bausteine für Kommunikation und verteiltes Rechnen mit Quantenzuständen zu erforschen und zu demonstrieren. Ein wichtiger Bestandteil ist dabei die Quelle für einzelne, gut definierte Lichtteilchen. Diese werden weiterhin die Erzeugung von speziellen Lichtzuständen ermöglichen, die im Bereich von Messungen mit Quantenzuständen Verwendung finden können. Folgende Module sollen realisiert werden: ein Modul für die logische Verknüpfung von Quantenzuständen, ein Quantenlicht-Quellen-Modul, ein Quantenlicht-Detektor-Modul sowie ein Quantenlicht-Speicher-Modul. Alle vier Module basieren auf sehr kleinen Halbleiterstrukturen, den sogenannten Quantenpunkten. Halbleiter sind dafür als Materialsystem besonders attraktiv, da sie robuste Bauelemente ermöglichen. Außerdem wird ihre Herstellung gut verstanden und ist leicht zu skalieren, sie kann also auf eine große Anzahl von Komponenten ausgeweitet werden.

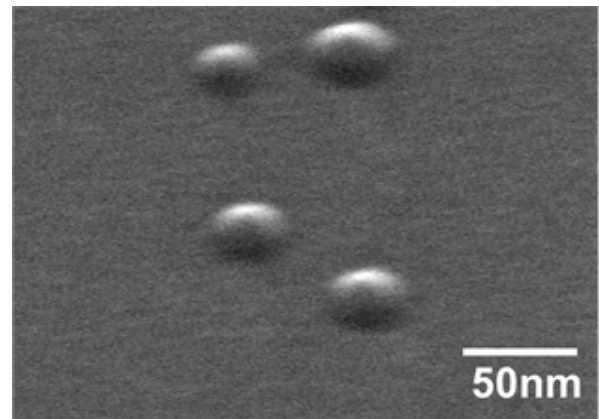


Bild 2: Quantenpunkte abgebildet mittels eines Helium-Ionen-Mikroskops (Quelle: Technische Universität München / Kai Müller)